医用Ｘ線管装置　ＪＩＳ Ｚ４７０４：２００＊ガイド

発行　（社）日本画像医療システム工業会　ＳＣ０１０１

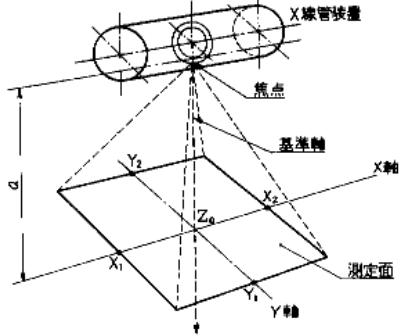
幾瀬　純一　東芝メディカルシステムズ（株）／鈴鹿医療科学大学
安部　真治　都立保健科学大学
佐藤　洋　厚生中央病院
青木　雄二　化成オプトニクス（株）
伊東　正義　キヤノン（株）
吉崎　豊　コダック（株）
斉藤　正文　コニカミノルタエムジー（株）
土屋　定男　（株）島津製作所
片柳　勝　（株）三田屋製作所
尾崎　哲也　シーメンス旭メディテック（株）
岩崎　正秀　ＧＥ横河メディカル（株）
三好　邦昌　東芝電子管デバイス（株）
鈴木　正吾　東芝メディカルシステムズ（株）
中村　員房　東芝メディカルシステムズ（株）
半田　清高　東芝メディカル製造（株）
石塚　博　（株）日立メディコ
岸見　和知　富士写真フィルム（株）
渡邉　栄作　フィリップスメディカルシステムズ（株）
加畑　峻　事務局

目　次

1.適用範囲	診断用**Ｘ線管装置**，医用Ｘ線ＣＴ用**Ｘ線管装置**，治療用Ｘ線管装置

3. 定義	用語	定義
	a) 医用Ｘ線管装置 (medical X-ray tube assembly)	**防護形Ｘ線管容器**に**医用Ｘ線管**を封入したもの（以下，**Ｘ線管装置**という。）。
	b) 防護形Ｘ線管容器 (protective X-ray tube housing)	防電撃形とし，規定のＸ線遮へいを施し，かつ，Ｘ線用高電圧ケーブルの接続部をもつ**医用Ｘ線管**を収納する**Ｘ線管容器**（以下，**管容器**という。）
	c) 医用Ｘ線管 (medical X-ray tube)	**陰極**から電界で加速した電子ビームを**ターゲット**に当て，その衝撃でＸ線を発生させる真空管のうち，医用に供するもの（以下，**Ｘ線管**という。）。**ターゲット**は，通常**陽極**に含まれる。
	d) 格子制御形Ｘ線管 (grid-controlled X-ray tube)	**管電流**を制御する格子電極をもつ**Ｘ線管**
	e) 立体撮影形Ｘ線管 (stereo X-ray tube)	間隔を隔てた二つ以上の焦点をもち，二つの焦点を切り換えて同一被写体を撮影した像を用いて立体像を得る撮影法に使用する**Ｘ線管**
	f) 実効焦点 (effective focal spot)	**基準面**への**実焦点**の垂直投影（以下，焦点という。）**実効焦点**の呼びは，通常，**Ｘ線管**軸に垂直方向（幅）の寸法と，**Ｘ線管**軸と平行方向（長さ）の寸法をミリメートル（mm）単位で表した無名数とする。
	g) ブルーミング値 (blooming value)	**Ｘ線管**の**実効焦点**の特性を表すものとして，規定の**負荷**条件によって得られた二つの解像限界の比の値。
	h) MTF (modulation transfer function)	**線広がり関数**のフーリエ変換。対称的な**線広がり関数**においては，**変調伝達関数**（**MTF**）は，次の式を用いて正規化したフーリエ変換である。 $M(\nu)=\dfrac{\int_{-\infty}^{\infty}L(x)\cos(2\pi\nu x)dx}{\int_{-\infty}^{\infty}L(x)dx}$ ここに，ν ：空間周波数 L ：**線広がり関数** X ：横座標 M ：量記号
	ｉ）**ターゲット** (target)	Ｘ線を発生させるため，**Ｘ線管**の電子ビームによって衝撃を与える部分
	ｊ）**ターゲット角度** (target angle)	**実焦点**面と**基準軸**とがなす角度
	k) Ｘ線管電圧 (X-ray tube voltage)	**Ｘ線管**の**陽極**と**陰極**との間に加えられる電位差（以下，**管電圧**という。）。通常，**管電圧**は，ピーク値をキロボルト（ｋＶ）で表す。
	l) 公称最高管電圧［最高使用管電圧］(nominal X-ray tube voltage)	指定(1)された使用条件及び電圧波形で使用する場合の**管電圧**の最大許容値。特に指定(1)がない限り，使用中のいかなる瞬間もこの値を超えてはならない。 **注**(1)指定とは，**製造業者**が**附属文書**で指定していることを意味する。
	m) 充電管電圧 (X-ray tube voltage for charging)	コンデンサ式高電圧回路を使用する格子制御形**Ｘ線管装置**において，高圧コンデンサの充電時に**Ｘ線管**の**陽極**と**陰極**との間に加えられる電位差
	n) 公称最高充電管電圧[最高使用充電管電圧] (nominal maximum charge tube voltage)	**充電管電圧**の最大許容値
	o) 逆電圧 (reverse voltage)	**陰極**に対し**陽極**に負の電位が加えられたときの**管電圧**。**逆電圧**は，**陽極**に正の電位が加えられたときの**管電圧**と区別するときに用い，ピーク値をキロボルト（ｋＶ）で表す。

3.定義		
	p) 公称最高逆電圧［最高使用逆電圧］ (nominal maximum reverse voltage)	**逆電圧**の最大許容値
	q) Ｘ線管電流 (X-ray tube current)	**Ｘ線管**の**ターゲット**に入射する電子ビームの電流（以下，**管電流**という。）。**管電流**は，平均値をミリアンペア　（mA）で表す。ただし，コンデンサ式**Ｘ線発生装置**を用いて行う撮影の場合には，ピーク値をミリアンペアピーク（mAｐ）で表す。 **備考**　**管電流**は，一般に**陽極**側で測定するが，金属外囲器の**Ｘ線管**を用いた場合には，**陰極**側回路に流れる電流を**管電流**とする。
	r) 管電流特性 (X-ray tube current characteristics)	指定([1])した**Ｘ線管負荷条件**における**管電流**と**フィラメント電流**との関係
	s) フィラメント特性 (filament characteristics)	フィラメントに加える電圧と**フィラメント電流**との関係 **備考**　指定([1])の使用条件における**フィラメント電流**の最大許容値を最大**フィラメント電流**という。通常，長時間使用と短時間使用とでは異なる。
	t) 負荷 (loading)	**Ｘ線管**の**陽極**に電気エネルギーが供給されること。
	u) Ｘ線管負荷 (X-ray tube load)	**Ｘ線管負荷条件**値の組合せによって表した，**Ｘ線管**に供給される電気エネルギー。
	v) Ｘ線管負荷条件 (X-ray tube loading factor)	**Ｘ線管負荷**値に影響を及ぼす条件。例えば，**Ｘ線管電流**，**負荷時間**，**等価陽極入力**，**Ｘ線管電圧**及び**リプル百分率**。
	w) 負荷時間 (loading time)	**陽極入力**を**Ｘ線管**に供給している期間を，規定の方法([2])によって測定した時間。 **注([2])**　**JIS Z 4702**　［**3.定義 x**］　**撮影時間**］参照。
	x) 陽極入力［Ｘ線管入力］ (anode input power)	Ｘ線を発生するために，**Ｘ線管**の**陽極**に加えられる電力。この電力は，次の式によって与えられる。 $P = U \times I \times f \times 10^{-3}$ ここに，P ：**陽極入力**（kW） U ：**管電圧**（kV） I ：**管電流**　（mA） F ：**管電圧**の**リプル百分率**によって定まる定数。すなわち， f＝1.0　：**リプル百分率**が 10　%以下の場合。 f＝0.95：**リプル百分率**が 10　%を超え 25　%以下の場合。 f＝0.74：**リプル百分率**が 25　%を超える場合。 **備考**　**管電圧リプル百分率**は，次の式によって求める。 $\Delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max}} \times 100$ ここに，$\triangle U$：**リプル百分率**（%） U_{max}：**管電圧**波形のピーク値 U_{min}：**管電圧**波形の最低値（ただし，定電圧回路のスパイク波形を除く。）

3. 定義	用語	定義
	y) **公称陽極入力**[**最大入力**] (nominal anode input)	規定の**負荷時間**で指定([1])の使用条件における**陽極入力**の最大許容値。使用条件とは，焦点の呼び，**管電圧**，**管電圧**波形，回転陽極**Ｘ線管**では**陽極回転速度**などをいう。
	z) ヒートユニット (heat unit)	**Ｘ線管**の入力を表す特別の単位。**ヒートユニット**(heat unit)の単位記号はＨＵとし，**ヒートユニット**値は，**Ｘ線管**回路に従って次の式によって求める。 なお，ここで用いる記号の意味は，次のとおりとする。 U ：**管電圧**（ｋＶ） I ：**管電流**（mＡ） T ：**負荷時間**（ｓ） C ：コンデンサ容量（μＦ） **1)** 単相全波整流回路（**2 ピーク形Ｘ線高電圧装置**），単相半波整流回路（**１ピーク形Ｘ線高電圧装置**）又は自己整流回路の場合 ＨＵ値=$U\times I\times t$ 1 s 当たりのＨＵ値=$U\times I$ **2)** 三相全波整流回路（**6 ピーク形Ｘ線高電圧装置**）又はこれと同等の**リプル百分率**をもつ回路の場合 ＨＵ値=$U\times I\times t\times 1.35$ 1 s 当たりのＨＵ値=$U\times I\times 1.35$ **3)** 定電圧回路（**12 ピーク形Ｘ線高電圧装置**）の場合 ＨＵ値=$U\times I\times t\times 1.41$ 1 s 当たりのＨＵ値=$U\times I\times 1.41$ **4)** コンデンサ式の場合 ＨＵ値=$0.71\times C\times(U_1^2-U_2^2)$ ただし，U_1は放電開始時，U_2は放電終了時の**管電圧**を表す。 **備考**　ＨＵ値と他の単位との換算は，1 ＨＵが 0.71 Jに相当するとして行う。
	aa) **等価陽極入力** (equivalent anode input power)	指定([1])した周囲条件下で連続的に**負荷**したとき，**陽極熱量**をある規定の水準に持続する**陽極入力**の値。**撮影定格**に関しては，**撮影定格**における初期**陽極熱量**を最も高い水準に持続する電力。
	ab) **Ｘ線管最大連続入力**[**長時間最大入力**](long-time maximum input)	指定([1])された条件において，**最大陽極熱容量**を超えない範囲で連続して加えることのできる**陽極入力**の最大値。
	ac) **最大単発負荷定格**[**短時間最大入力**] (maximum single loading ratio)	指定([1])された条件において，**陽極入力**と**負荷時間**の関係で決まる，1 回の**負荷**に許される**Ｘ線管負荷**の最大値。特別な指定([1])がない限り，冷状態での値をいう。 **備考**　この規格では，冷状態を**陽極冷却曲線**図において，**陽極熱量**がゼロのときの状態とする。
	ad) **繰返し負荷定格** (X-ray tube repeatable maximum input)	指定([1])した**Ｘ線管負荷条件**に従う，連続した個々の**Ｘ線管負荷**の総和に対して**陽極入力**と**負荷時間**の関係によって与えられる**Ｘ線管負荷**の最大許容値

3. 定義		
	ae) Ｘ線管装置入力 (X-ray tube assembly input power)	**負荷**前，**負荷**中，**負荷**後にあらゆる目的で**Ｘ線管装置**に加える平均の電力。回転陽極**Ｘ線管**の**ステータ**，フィラメント及び**Ｘ線管装置**に含まれるすべての器具に加える電力を含む。
	af) Ｘ線管装置最大連続入力 (maximum continuous heat dissipation)	指定([1])した条件下で，**最大Ｘ線管装置熱容量**を超えない範囲で連続的に**Ｘ線管装置**に加えることのできる**Ｘ線管装置**入力の最大値
	ag) 陽極熱量 (anode heat content)	**負荷**中に蓄積するか又は**負荷**後に残留する**Ｘ線管**の**陽極**に含まれる熱の瞬時値
	ah) 最大陽極熱容量[陽極蓄積熱容量] (maximum anode heat capacity)	許容される**陽極熱量**の最大値
	ai) 陽極加熱曲線 (anode heat up curve)	指定([1])した**陽極入力**に対して，**陽極熱量**を**負荷時間**の関数として表した曲線
	aj) 陽極冷却曲線(anode cooling curve)	**陽極熱量**が**最大陽極熱容量**と等しくなるまで**負荷**した後，**陽極入力**がゼロの状態で，**陽極熱量**を時間の関数として表した曲線 **備考** この時間経過の中で，**陽極熱量**の減少する割合を**陽極**冷却率といい，その最大値を**陽極**最大冷却率という。
	ak) Ｘ線管装置熱量 (X-ray tube assembly heat content)	**Ｘ線管装置**に蓄積されるか又は残留する熱の瞬時値
	al) 最大Ｘ線管装置熱容量[Ｘ線管装置蓄積熱容量] (maximum X-ray tube assembly heat content)	規定の周囲条件下で許容される**Ｘ線管装置熱量**の最大値
	am) Ｘ線管装置加熱曲線 (X-ray tube assembly heating curve)	指定([1])した**Ｘ線管装置**入力に対して，**Ｘ線管装置熱量**を入力時間の関数として表した曲線
	an) Ｘ線管装置冷却曲線 (X-ray tube assembly cooling curve)	**Ｘ線管装置熱量**が**最大Ｘ線管装置熱容量**に等しくなるまで入力した後，**Ｘ線管装置**の入力がゼロの状態で，**Ｘ線管装置熱量**を時間の関数として表した曲線 **備考 1** 冷却機構を備えた**Ｘ線管装置**では，冷却を行わないときの残留熱量変化を表した曲線もある。 **備考 2** **陽極冷却曲線**の場合と同様に，**Ｘ線管装置**冷却率及び**Ｘ線管装置**最大冷却率を定める。
	ao) 定格陽極回転速度 (anode speed)	**Ｘ線管**にその**陽極入力**を加えるときに必要とする**陽極回転速度**
	ap) 起動時間 (starting time)	指定([1])された条件において，**陽極**が静止状態から定格**陽極回転速度**に到達するまでに要する時間
	aq) 制動時間 (braking time)	指定([1])された条件において，**陽極**が定格**陽極回転速度**から指定([1])された**陽極回転速度**に制動されるために要する時間
	ar) ステータ (stator)	回転陽極**Ｘ線管**の**陽極**を回転させるために用いる電動機の固定子
	as) ステータ起動電圧 (stator starting voltage)	**陽極**の静止状態から**ステータ**に電力を供給し，**陽極**が回転し始めるときの**ステータ**への供給電圧
	at) ステータ定常電圧 (stator stationary voltage)	定格**陽極回転速度**を維持するために要する**ステータ**電圧

3. 定義		
	au) ステータ電源周波数 (stator power source frequency)	**ステータ**へ供給する電源の周波数
	av) Ｘ線管装置利用ビーム (X-ray tube assembly utilization beam)	**Ｘ線管**焦点から直接放射されるＸ線のうち，**管容器**放射窓などによってその広がりを制限されたＸ線（以下，利用ビームという。）
	aw) Ｘ線放射角度 (X-ray radiation angle)	最大利用ビームの頂角
	ax) 基準軸 (reference axis)	**Ｘ線管装置**においては，焦点の中心を通る基準となる指定([1])された軸
	ay) 基準面 (reference plane)	**Ｘ線管装置**の**実効焦点**に関しては，**基準軸**が**実焦点**と交差する点を含み，**基準軸**に垂直な面
	az) 最大対称照射野 (maximum symmetry field)	焦点と**受像面**間の距離（Source Image Distance以下，SIDという。）を指定([1])したとき，指定([1])した**基準軸**に対称な**受像面**上で主軸に平行な辺において，線量が**基準軸**における線量の規定値内である範囲［**6.1 n**］参照］
	ba) 固有ろ過 (permanent filtration)	取外しできない物質による**線質等価ろ過**。**固有ろ過**は，指定([1])の**管電圧**及び**管電圧**波形のもとで，第 1 **半価層**に換算して同じ**線質**を与える参照物質の厚さで表す。
	bb) 漏れ線量 (leakage dose)([3])	**放射口**を**透過**してくるものではなく，**Ｘ線管容器**を**透過**して放射されるＸ線の量。ただし，ある方式の**Ｘ線管装置**（例えば，**格子制御形Ｘ線管**を用いたもの。）では**負荷**の前後に**放射口**を通過して放射されるＸ線を含む。 **注**([3])　Ｘ線の量は，空気中で測定した**空気カーマ**とする。
	bc) 漏れ線量([3])**測定条件** (measuring conditions for leakage dose)	**Ｘ線管装置**の**漏れ線量**([3])測定に適用される**Ｘ線管負荷条件** **管電圧**，**管電圧**波形，**管電流**及び使用回路で示す［**JIS Z 4701**の**2. (55)**（**漏れ線量測定条件**）による。］。
	bd) ソケット (socket)	Ｘ線用高電圧ケーブルを挿入するために**管容器**に設けた部分

4. 種類及び形名					
	4.1 種類	4.1.1 診断用Ｘ線管装置	a) 固定陽極Ｘ線管装置	3) 焦点の呼び	2.5，2.0，1.5，1.0，0.8，0.6
			b) 回転陽極Ｘ線管装置		2.0，1.5，1.2，1.0，0.8，0.6，0.3，0.2，0.1
				4) 陽極回転速度	普通回転形，高速回転形
		4.1.2 医用Ｘ線ＣＴ用Ｘ線管装置	a) 固定陽極医用Ｘ線ＣＴ用Ｘ線管装置	3) 焦点の呼び	2.0，1.5，1.2，1.0，0.8，0.6
			b) 回転陽極医用Ｘ線ＣＴ用Ｘ線管装置		
				4) 陽極回転速度	普通回転形，高速回転形
		4.1.3 治療用Ｘ線管装置	a) 深部治療用Ｘ線管装置		
			b) 表在治療用Ｘ線管装置	1) 最高使用管電圧	
				2) 放射口ろ過材	
	4.2 形名	a) 1項 用途による分類	診断用固定陽極Ｘ線管装置	D	
			診断用回転陽極Ｘ線管装置	R	
			Ｘ線ＣＴ用回転陽極Ｘ線管装置	C	
			Ｘ線ＣＴ用固定陽極Ｘ線管装置	K	
			治療用Ｘ線管装置	T	
		b) 2項 構造による分類	多重焦点形	F	
			格子制御形	G	
			立体撮影形	S	
		c) 3項 管容器有無	管容器にＸ線管を収納していることを表す。	X	
		d) 4項 公称最高管電圧			
		e) 5項 入力	診断用	公称陽極入力（kW）	
			治療用	Ｘ線管最大連続入力（W）	
		f) 6項 窓材	1) ベリリウム窓	B	
			2) マイカ窓	M	

<table>
<tr>
<td rowspan="6">5. 定格</td>
<td rowspan="5">5.2 医用Ｘ線ＣＴ用Ｘ線管装置
5.1 診断用Ｘ線管装置</td>
<td colspan="4">a) 焦点の呼び及び基準軸
b) ターゲット材質
c) ターゲット角度
d) 公称最高管電圧（kV）
e) 公称最高充電電圧（kV）
f) 公称最高逆電圧（kV）
g) 公称最高陽極・接地間電圧（kV）
h) 公称最高陽極・接地間逆電圧（kV）
i) 公称最高陰極・接地間電圧（kV）
j) 公称最高陰極・接地間逆電圧（kV）
k) 最高フィラメント格子間電圧（V）
l) 管電流遮断格子電圧（V）
m) フィラメント加熱
1) 最大フィラメント電流（A）
2) 最高フィラメント電圧（V）
n) 公称陽極入力（kW）
o) Ｘ線管最大連続入力（W）
p) 最大単発負荷定格
q) Ｘ線管装置最大連続入力（W）
r) 最大陽極熱容量（J）
s) 最大Ｘ線管装置熱容量（J）
t) 陽極加熱曲線
u) 陽極冷却曲線
v) 陽極最大冷却率（W）
w) Ｘ線管装置加熱曲線
x) Ｘ線管装置冷却曲線
y) Ｘ線管装置最大冷却率（W）
z) 定格陽極回転速度（min^{-1}）{ rpm }
aa) 起動時間（s）
ab) 制動時間（s）
ac) Ｘ線放射角度（°）
ad) 最大対称照射野（mm）及びその最大対称照射野が得られる SID (mm)</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="3">ae) 固有ろ過</td>
<td rowspan="2">1) Ｘ線管装置</td>
<td>150kV以下</td>
<td>mmAl</td>
</tr>
<tr>
<td>150kV超</td>
<td>mmCu</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">2) ベリリウム窓Ｘ線管装置</td>
<td>mmBe</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">af) 漏れ線量（mGy） ag) 漏れ線量測定条件 ah) 冷却方式 ai) 質量（kg）</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="4">5.3 治療用Ｘ線管装置</td>
<td colspan="4">a) ターゲット材質
b) ターゲット角度（°）
c) 公称最高管電圧（kV）
d) 公称最高逆電圧（kV）
e) 公称最高陽極・接地間電圧 (kV)
f) 公称最高陽極・接地間逆電圧（kV）
g) 公称最高陰極・接地間電圧 (kV)
h) 公称最高陰極・接地間逆電圧（kV）
i) 公称最高管電圧における最大管電流（mA）
j) フィラメント加熱
1) 最大フィラメント電流 (A)
2) 最高フィラメント電圧 (V)
k) Ｘ線放射角度（°）</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="2">l) 固有ろ過</td>
<td>1) 150 kV～400 kV</td>
<td colspan="2">mmCu</td>
</tr>
<tr>
<td>2) ベリリウム窓</td>
<td colspan="2">mmBe，mmAl</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">m) 漏れ線量（mGy）, n) 漏れ線量測定条件 , o) 冷却方式 , p) 質量（kg）</td>
</tr>
</table>

6. 性能

6.1 特性に関する事項

注：焦点寸法の測定は，**スリットカメラ**法によるものが望ましい。（不可能な場合は，**ピンホールカメラ**法・解像力法によるものでも可。）

a) スリットカメラ法における焦点寸法

焦点寸法の幅及び長さの許容範囲（**スリットカメラ**法） 単位 mm

焦点の呼び *f*	**幅**	**長さ**
0.1	0.10~0.15	0.10~0.15
0.15	0.15~0.23	0.15~0.23
0.2	0.20~0.30	0.20~0.30
0.3	0.30~0.45	0.45~0.65
0.4	0.40~0.60	0.60~0.85
0.5	0.50~0.75	0.70~1.10
0.6	0.60~0.90	0.90~1.30
0.7	0.70~1.10	1.00~1.50
0.8	0.80~1.20	1.10~1.60
0.9	0.90~1.30	1.30~1.80
1.0	1.00~1.40	1.40~2.00
1.1	1.10~1.50	1.60~2.20
1.2	1.20~1.70	1.70~2.40
1.3	1.30~1.80	1.90~2.60
1.4	1.40~1.90	2.00~2.80
1.5	1.50~2.00	2.10~3.00
1.6	1.60~2.10	2.30~3.10
1.7	1.70~2.20	2.40~3.20
1.8	1.80~2.30	2.60~3.30
1.9	1.90~2.40	2.70~3.50
2.0	2.00~2.60	2.90~3.70
2.2	2.20~2.90	3.10~4.00
2.4	2.40~3.10	3.40~4.40
2.6	2.60~3.40	3.70~4.80
2.8	2.80~3.60	4.00~5.20
3.0	3.00~3.90	4.30~5.60

b) ピンホールカメラ法における焦点寸法

焦点寸法の許容差（ピンホールカメラ法）

焦点の呼び *f*	許容差（%）
f＜0.8	0～＋50
0.8≦f≦1.5	0～＋40
1.5＜f	0～＋30

c) 解像力法における焦点寸法

焦点寸法の許容差（解像力法）

焦点の呼び *f*	許容差（%）
f≦0.3	0～＋50

d) 高電圧側耐電圧

1) 撮影専用 **公称最高管電圧**×1.1 , 0.1 s
2) 撮影，透視共用
   公称最高管電圧×1.1 , 10 min
   公称最高管電圧が撮影と透視で異なる場合には，更に撮影専用の試験条件を加える。
3) **コンデンサ式Ｘ線高電圧装置**用
   公称最高**充電管電圧**×1.1 , 10 min

e) フィラメント格子間耐電圧

最高フィラメント格子間定格×1.2 , 1 min

f) 管電流遮断

公称最高**充電管電圧**において，**管電流**遮断格子電圧を格子電極に加えたとき，**管電流**が流れてはならない。

g) 管電流特性

指定した**管電圧**，**管電圧**波形及び**管電流**値における**フィラメント電流**値の許容差は，中心値に対し±10 %以下とする。

h) フィラメント特性

指定した**フィラメント電流**値におけるフィラメント電圧値の許容差は，中心値に対し±15 %以下とする。

6. 性能	6.1 特性に関する事項	i) **Ｘ線管**最大連続入力	**表 10** の試験**管電圧**において，指定条件で，**陽極入力**を 10 min 放電がなく**管電流**が安定していなければならない。
		j) 最大単発**負荷**定格	**表 10** の試験**管電圧**において，指定条件で，回転**陽極**Ｘ線管では 0.1 s，固定**陽極Ｘ線管**では 1 s 放電がなく**管電流**が安定していなければならない。
		k) 最大陽極熱容量	**表 10** の試験**管電圧**において，指定した**Ｘ線管負荷**条件で，**Ｘ線管**に重大な損傷があってはならない。
		l) Ｘ線管装置最大連続入力	**表 10** の試験**管電圧**において，指定条件で，**Ｘ線管装置入力**を 10 min 放電がなく**管電流**が安定していなければならない。
		m) **Ｘ線管装置**最大冷却率	**表 10** の試験**管電圧**において，指定条件で，同じく指定された時間，連続して入力したとき，放電がなく**管電流**が安定していなければならない。
		n) 最大対称照射野	Z_0における線量:D_0　$0.3 \times D_0 \le D_0 \le 1.1 \times D_0$ **図 23　照射**野測定配置図（Ｉ）
	6.2 環境条件	**Ｘ線管装置**は次の気象条件における，輸送，保管及び動作に耐えなければならない。（**製造業者**が**附属文書**で他に指定している場合を除く。）	
		a) 輸送及び保管	輸送及び保管用の包装状態で，**製造業者**が指定する環境条件に耐えなければならない。（**JIS T0601-1 10.1 輸送及び保管**）
		b) 作動（運転）	作動は **JIS T 0601-1 10.2**［作動（運転）］による。
	6.3 電撃に対する保護	次の 3 つの項を追加又は訂正して **JIS T 0601-1**　第 **3** 章（電撃の危険にによる保護）を適用する。	
		a) 連続漏れ電流	**附属文書**で指定しない限り，“ **JIS T 0601-1　表 4　連続漏れ電流**及び**患者漏れ電流** ” の “ B形 ” を適用する。 **備考　JIS T 0601-1** では，電撃に対する保護の程度による分類 “ B形 ” 等は，**装着部**についてだけ規定している。**Ｘ線管装置**のように一般に**装着部**を持たない機器は**連続漏れ電流**の規定がないので，このように規定した。
		b) コンデンサを持つ電動機の耐電圧	巻線とコンデンサとの接続点の共振電圧を基準電圧（*U*）とする。
		c) 回転**陽極Ｘ線管装置**のスタータ回路の基準電圧（*U*）	定常回転時の電圧とする。ただし, 起動時の電圧から定常回転時の電圧に下げる途中に共振電圧が存在する場合には,その電圧とする。

連続漏れ電流及び患者測定電流の許容値

（**JIS T 0601-1 表 4** より抜粋）　　単位　mA

電流	B形	
	正常状態	単一故障状態
接地漏れ電流 一般**機器**	0.5	1([1])
注([2])及び**注**([4])に従う**機器**	2.5	5([1])
注([3])に従う**機器**	5	10([1])
外装漏れ電流	0.1	0.5
患者漏れ電流 **患者漏れ電流**－Ⅰ **機器**→**装着部**→**患者**→大地 直流	0.01	0.05
交流([5])	0.1	0.5
患者漏れ電流－Ⅱ 他の**機器**→ **信号入力部・信号出力部** →**患者**→大地	－	5
患者漏れ電流－Ⅲ 他の機器→ **患者**→**装着部**→大地	－	－
患者測定電流 直流	0.01	0.05
交流([5])	0.1	0.5

注

([1])**接地漏れ電流**に関する唯一の**単一故障状態**は，電源導線の１本の断線である。

([2])**保護接地した接触可能部分**がなく，他の**機器**への保護接地接続手段をもたず，かつ，**外装漏れ電流**及び**患者漏れ電流**（該当する場合は）に関する要求事項に適合する**機器**。

例　シールドした電源部を持つコンピュータ

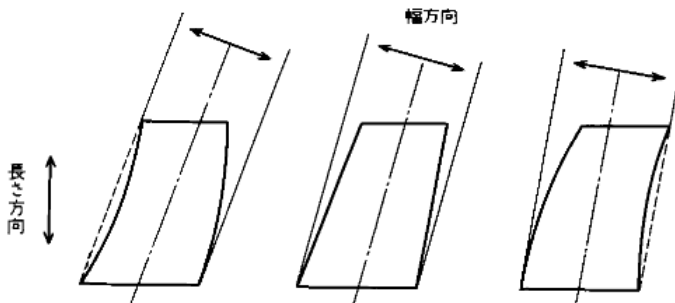
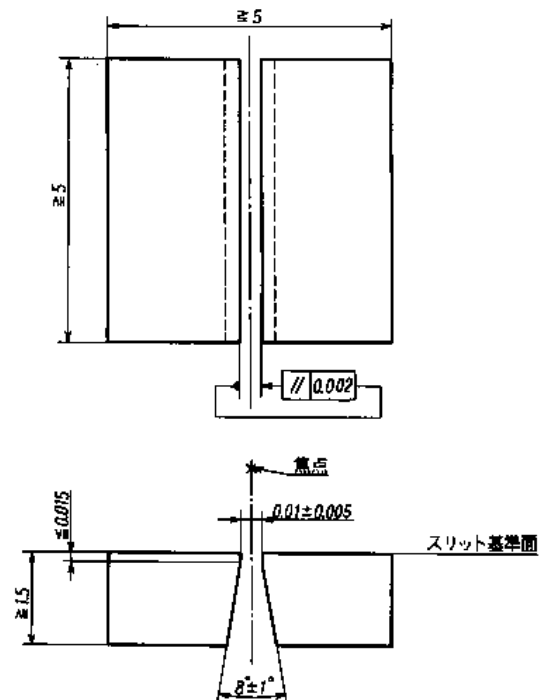
([3])**工具**を使用しなければ緩められないように電気的に接続した保護接地を用い，かつ，**工具**を使用しなければ取り外せないように特定の場所に機械的に締め付けるか固定することによって永久的に設置することが指定されている**機器**。

例

・**Ｘ線発生装置**，透視撮影台，治療台のようなＸ線設備の主要部分。

・無機質の材料で絶縁したヒータを持つ**機器**。

・無線周波干渉防止に関する要求事項に適合するため，**表 4** の第１行に示した値より大きい**接地漏れ電流**を持つ**機器**

([4])移動形**Ｘ線装置**及び無機質の絶縁材料で分離した絶縁を持つ**移動形機器**。

([5])**表 4** に規定した**患者漏れ電流**及び**患者測定電流**の交流成分に関する最大値は，その交流成分だけに関係するものである。

項	項目	細目	内容
6. 性能	**6.4** 過度の温度に対する保護	**a)** **管容器**表面温度	**Ｘ線管装置**の表面温度は 85℃以下でなければならない。85℃を超える場合には，接触防止の手段，例えば，保護カバーが必要である。この場合，通常使用状態で予測できる接触可能部分の温度を**取扱説明書**に記載する。
		b) **管容器**内部温度	温度制限は**管容器**内には適用しない。
	6.5 **管容器**の危険に対する保護		**Ｘ線管装置**は，**管容器**内の限界の熱量を**操作者**に知らせる手段を備えなければならない。あらかじめ，設定された限界点に対応した温度，体積，圧力のいずれかの，検出又はモデル計算によって，限界点を検出し，それを**操作者**に警告する手段を備えなければならない。
	6.6 放射線防護	**a)** **固有ろ過**	**5.1 ae)** 及び **5.3 l)**で規定される参照物質とその厚さで示し，**取扱説明書**に記載した公称値に対して 0~30%の許容差でなければならない。
		b) **漏れ線量**(3)	**Ｘ線管装置**の漏れＸ線の遮へいは，**Ｘ線管装置**を**漏れ線量(3)測定条件**で作動させ，**8.4.17** の**漏れ線量**試験によって測定したとき，**表 6** を満足しなければならない。 なお，Ｘ線可動絞りと組み合わせて使用する**Ｘ線管装置**の場合には，**表 6** の最大値の 65%とすることが望ましい。

表 6　**Ｘ線管装置**からの**漏れ線量**(3)の最大値

種類	**漏れ線量**率
公称最高管電圧 50kV 以下の治療用**Ｘ線装置**	**Ｘ線管装置**の接触可能表面から 5cm の距離における値：1h 当たり 1.0mGy
公称最高管電圧 50kV を超える治療用**Ｘ線装置**	**Ｘ線管**焦点から 100cm の距離における値：1h 当たり 10mGy，かつ，Ｘ線源装置の接触可能表面から 5cm の距離における値：1h 当たり 300mGy
公称最高管電圧 125kV 以下の口内法撮影用**Ｘ線装置**	**Ｘ線管**焦点から 100cm の距離における値：1h 当たり 0.25mGy
上記以外の**Ｘ線装置**	焦点から 100cm の距離における値：1h 当たり 1.0mGy
コンデンサ式**Ｘ線発生装置**	充電状態であって，**照射**時以外のとき，接触可能表面から 5cm の距離における値：1h 当たり 20μGy

<table>
<tr><td rowspan="2">7. Ｘ線管装置の形状・寸法及び接続</td><td>a) 照射筒又は可動絞り取付部の寸法
取付部の寸法は，図 1 に示す値を標準とする。</td><td rowspan="2">4-M6ねじ深さ8等配
φ92±0.3
単位 mm
図 1　照射筒又は可動絞り取付部
備考　立体撮影形Ｘ線撮影装置はこの限りではない。</td></tr>
<tr><td>b) 高電圧接続部の形状・寸法及び接続
高電圧接続部の形状・寸法及び接続は，JIS Z 4731 による。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3">8. 試験</td><td rowspan="3">8.1 一般条件</td><td colspan="2">試験は，周囲温度，湿度及び気圧については JIS T 0601-1 4.5 周囲温度，湿度及び気圧に従うほか，試験用Ｘ線高電圧装置を次の条件を満たす標準電源に接続し，かつ，確実に接地して行う。</td></tr>
<tr><td>a) 電源条件</td><td>JIS Z 4702 の 10.1.2（電源条件）による。ただし，固有ろ過又は漏れ線量([3])の試験のため，照射線量又は照射線量率を測定する場合に限り，試験電圧は次の条件を満たさなければならない。
電源電圧に対する補償手段を持たない１ピーク形Ｘ線発生装置については，無負荷時の電源電圧を，定格電圧の±1%以内とする。一つの照射線量を測定中の各負荷時の電源電圧の降下量は，すべての照射線量又は照射線量率の測定時の電源電圧降下量の平均値に対して±10%を超えて変化せず，電源電圧の変動は±0.5%以内とする。この条件に適合するために必要な見かけの抵抗は，JIS Z 4702 の 6.（電源設備）を参照する。</td></tr>
<tr><td colspan="2">b) 交流 1000V，直流 1500V 以下の試験電圧には，規定値に対して±2%を超える変動があってはならない。</td></tr>
</table>

8. 試験

8.2 計器

試験用計測器は，**JIS C 1102-2** に規定する 1.0 級以上の指示電気計器又はこれと同等のものを用い，ミリアンペアピーク計は，**表 7** の性能を満足するものを用いなければならない。

表 7　試験に用いるミリアンペアピーク計の性能

試験点（**管電流**ピーク値）	200～300mAp の１点	500～600mAp の１点
許容差 %	±10	±10

なお，計器は，等分目盛のものでは 1/2 以上の目盛りで測定できるようなものを用い，またゼロの付近で著しく縮小した目盛のものでは，最大目盛の 2/3 以上の目盛りで測定できるようなものを用いなければならない。

8.3 Ｘ線高電圧装置

試験用**Ｘ線高電圧装置**は，**JIS Z4702**，**JIS Z 4711** 又はこれに準じる試験を満足する装置を校正して用いる。

8.4 試験方法

8.4.1 焦点試験

焦点試験方法は**表 8** に示す方法とする。
尚，焦点の呼び寸法が 0.3 以下の場合には，解像力法を用いて行い **6.1C)**に規定された寸法であるかどうかを調べてもよい。

表 8 焦点試験方法

方　法		適用範囲	該当項目
スリットカメラ法		焦点寸法の測定	**8.4.1a)**
		MTF の測定	**8.4.1e)**
ピンホールカメラ法		焦点寸法の測定	**8.4.1b)**
解像力法	平行パターンカメラ法	焦点寸法の測定	**8.4.1c)1)**
	スターパターンカメラ法	焦点寸法の測定	**8.4.1c)2)**
		ブルーミング値	**8.4.1d)**

8. 試験	8.4 試験方法	8.4.1 焦点試験	a) **スリットカメラ**法による焦点寸法の測定	
				1) 基礎事項 スリットとフィルムは**Ｘ線管装置**の**基準軸**上または指定された方向に垂直に配置し, スリットの方向は, **Ｘ線管装置**の管軸垂直な方向（焦点の長さを測定するとき）及び管軸に平行な方向（焦点の幅を測定するとき）の 2 種類とする。 ただし，**図 2** に示すように焦点像がひずんでいる場合には，焦点の幅を測定する際に，スリットの方向は，焦点が最も小さい幅になるような方向としてもよい。 **図 2** ひずんだ焦点に対する測定方向
				2) スリットカメラ スリット及び基板の形状・寸法は，**図 3** による。 **図 3** スリット及び基板の形状･寸法（断面図）

8. 試験 / **8.4** 試験方法 / **8.4.1** 焦点試験 / **a)** **スリットカメラ**法による焦点寸法の測定

3) 撮影位置および像の拡大率

焦点からスリット**基準面**までの距離は 100mm以上とする。

像の拡大率は**表 9** 及び**図 4** による

表 9 焦点の呼びに対する拡大率（**スリットカメラ**法）

焦点の呼び f	拡大率　$E = n / m$　（**図 4** 参照）
$f < 0.4$	3
$0.4 \leqq f \leqq 1.0$	2
$1.0 < f$	1

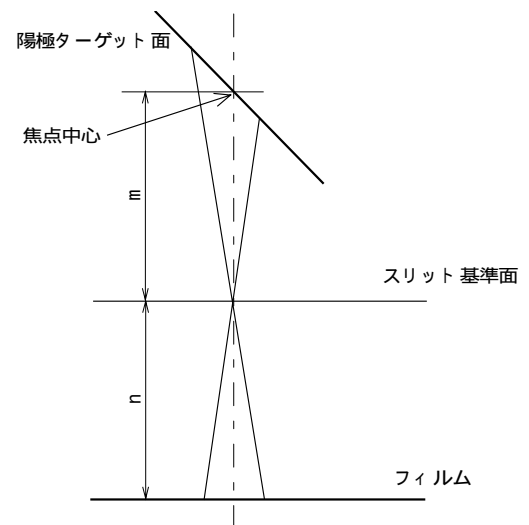



図 4 拡大率を定める焦点･カメラ・フィルム間寸法

4) 撮影方法

増感紙を用いないで撮影する微粒子のＸ線フィルムを使用するものとする。フィルムのＸ線露光は焦点の最も濃い部分が，露光されない部分の濃度に対し，0.8～1.2 大きい濃度になるようにする。ただし，フィルムのベース濃度を含むかぶり濃度は 0.2 以下とする。

濃度の調整は撮影時間だけで行い，**管電圧**及び**管電流**は，**表 10** に定める値に固定する。

5) 撮影の**Ｘ線管負荷条件**

回転陽極Ｘ線管においては，陽極を回転させる。

撮影は，**表 10** に示す条件又は指定された条件によるものとする。撮影時間は，前項に定めるフィルム濃度が得られるように選定する。

透視専用の**Ｘ線管装置**の場合は，公称最高管電圧及びこのときの最大許容**管電流**を**Ｘ線管負荷条件**とする。

表 10　Ｘ線管負荷条件

公称最高管電圧 U (kV)	試験**管電圧**	試験**管電流**
$U \leqq 75$	**公称最高管電圧**	試験**管電圧**における 0.1 s の最大許容**管電流**の 50%
$75 < U \leqq 150$	75 kV	
$150 < U$	**公称最高管電圧**の 50%	

8. 試験	8.4 試験方法	8.4.1 焦点試験	a) **スリットカメラ**法による焦点寸法の測定	**6)** 焦点像の測定 像を 0.1mm目盛りの付いた 5〜10 倍の拡大鏡を通して肉眼で読み取り，次のａ,ｂの二つの方向について測定する。 ａ；**Ｘ線管装置**の管軸方向に平行方向（長さ） ｂ；**Ｘ線管装置**の管軸方向に垂直方向（幅） 焦点寸法は，像寸法を拡大率で除した値とする。

図 5 焦点像の測定　$\frac{B_1 - B_0}{B_1 + B_0} = 0.05$

図 6 焦点像の測定配置図（**スリットカメラ**法）

8. 試験

8.4 試験方法

8.4.1 焦点試験

b) ピンホールカメラ法による焦点寸法の測定

表 4焦点寸法の許容差　幅･長さ方向（**ピンホールカメラ**法）

焦点の呼び *f*	許容差 (**%**)
f＜0.8	0**〜＋**50
0.8≦*f*≦1.5	0**〜＋**40
1.5＜*f*	0**〜＋**30

a：**X 線管装置**の管軸方向に平行方向（長さ）
b：**X 線管装置**の管軸方向に直角方向（幅）

6) 実焦点が線状焦点の場合は，この方向の寸法に係数 0.7 を乗じた値とする。

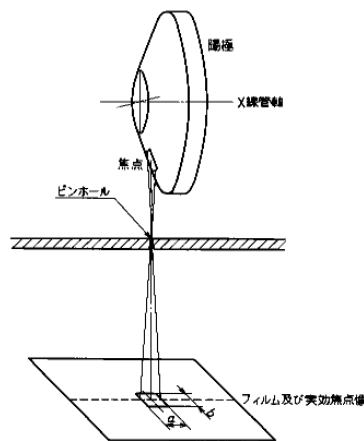



図 9　焦点像の測定配置図

4) 撮影方法

フィルムの X 線露光は，焦点の像の最も濃い部分が，露光されない部分の濃度に対して，0.8**〜**1.2 大きい濃度になるようにする。ただし，フィルムのベース濃度を含むかぶり濃度は 0.2 以下とする。

表 10　撮影の**X 線管負荷条件**

公称最高管電圧 *U* (kV)	試験**管電圧**	試験**管電流**
U≦75	**公称最高管電圧**	試験**管電圧**における 0.1s の最大許容**管電流**の 50%
75＜*U*≦150	75kV	
150＜*U*	**公称最高管電圧**の 50%	

表 12　焦点の予備に対する拡大率

焦点の呼び f	拡大率 *E* = *n* / *m*
0.3≦*f*≦1.2	3
1.2＜*f*≦2.5	2
2.5＜*f*	1

6) 焦点像の測定

焦点像の測定は，焦点像フィルムの背面照度を約 200 lx とし, 像を 0.1 mm 目盛の付いた 5～10 倍の拡大鏡を通して肉眼で読み取り，焦点像の幅・長さ方向について読むことができる像の端から端までを測定する。

焦点寸法は，像の寸法を拡大率で除した値とする。

2) ピンホールカメラ仕様

材質：ピンホールの基板の材質は以下より選定する。

- 90%の金と 10%の白金からなる合金
- タングステン
- タングステンカーバイド

図 7　形状及び寸法(断面図)：

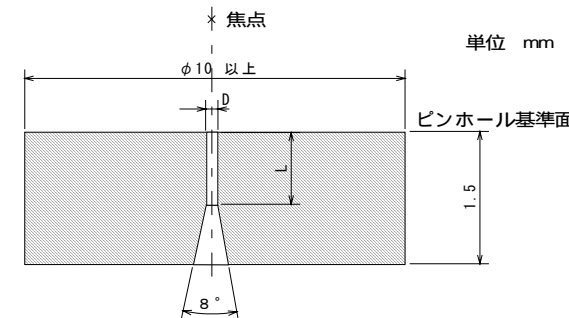
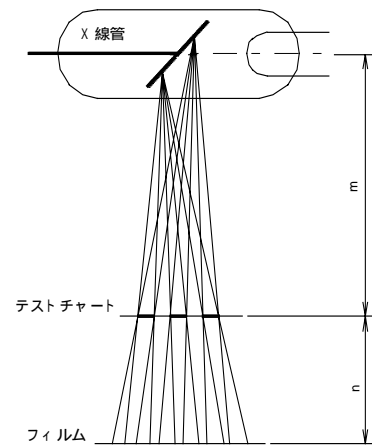
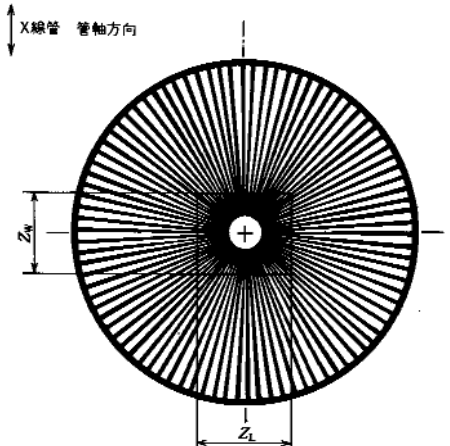



表 11　焦点の呼びに対するピンホールの寸法

単位　mm

焦点の呼び *f*	直径 *D*	深さ *L*
0.3≦*f*≦1.2	0.030±0.005	0.075±0.010
1.2＜*f*≦2.5	0.075±0.005	0.350±0.010
2.5＜*f*	0.100±0.005	0.500±0.010

8. 試験	**8.4** 試験方法	**8.4.1** 焦点試験	**c)** 解像力法による焦点寸法の測定	**2) スターパターンカメラ**法による焦点寸法の測定			
					2.1) 基礎事項　焦点スターパターン写真を**スターパターンカメラ**を用いて撮影する。**スターパターンカメラ**とフィルムとは，**Ｘ線管装置**の**基準軸**又は指定([1])された方向に垂直に配置する。焦点寸法は，焦点スターパターン写真の解像限界から求める。	**2.2)** テストチャートは，**JIS Z 4916**に規定するもの又はこれに準じたもの。 **2.3)** 撮影位置及び像の拡大率 像の拡大率（E）は，焦点からテストチャートのT**基準面**までの距離（m）に対する，焦点からフィルムまでの距離（m＋n）の比であり，拡大率は 2 を標準とする（**図 11**参照）。	 **図 11**　焦点寸法の測定配置図 （**スターパターンカメラ**法）
					図12　焦点スターパターン写真（**スターパターンカメラ**法） 	**2.4),5)** 撮影条件；**a) 4)** 及び**a) 5)** による。 **2.6)** 焦点の大きさは，焦点スターパターン写真のひずんだ部分の平均寸法を目盛の付いた拡大鏡を用いて測定し，次の式によって変換して求める（**図 12**参照）。 解像限界R_W, R_Lは, 焦点スターパターン写真のZ_W, Z_Lから次の式によって求める。 $R_w = \frac{E}{Z_w \theta}$ $R_L = \frac{E}{Z_L \theta}$　**注**１参照	**注 1** R_W：　幅方向の焦点スターパターン解像限界（Lp / mm） R_L：　長さ方向の焦点スターパターン解像限界（Lp / mm） E　：　2（拡大率） θ　：　**スターパターンカメラ**のくさびの頂角 (rad) Z_W：　**Ｘ線管装置**の管軸に平行な方向に測定された最外部のひずんだ部分の平均直径（mm） Z_L：　**Ｘ線管装置**の管軸に垂直な方向に測定された最外部のひずんだ部分の平均直径（mm） **備考**（Lp / mm）は，line pairs per millimeterの意味である。

8. 試験 / **8.4** 試験方法 / **8.4.1** 焦点試験

c) 解像力法による焦点寸法の測定

2) **スターパターンカメラ**法による焦点寸法の測定

焦点の大きさは，焦点スターパターン写真の解像限界から次の式によって求める。

注 2

$$a = \frac{E}{(E-1)R_L}$$

$$b = \frac{E}{(E-1)R_w}$$

注 2 参照

A ：　**Ｘ線管装置**の管軸方向に平行方向の大きさ（長さ）

B ：　**Ｘ線管装置**の管軸方向に直角方向の大きさ（幅）

R_W ：　幅方向の焦点スターパターン解像限界 (Lp / mm)

R_L ：　長さ方向の焦点スターパターン解像限界 (Lp / mm)

E ：　2（拡大率）

d) **ブルーミング値**の測定

2) 撮影の**Ｘ線管負荷条件**

ブルーミング値を求めるための焦点スターパターンの撮影方法は，**表 10**に示す条件及び**表 13**に示す条件の二とおりとする。

表 10　Ｘ線管負荷条件

公称最高管電圧 U (kV)	試験**管電圧**	試験**管電流**
$U \leqq 75$	**公称最高管電圧**	試験**管電圧**における 0.1 s の最大許容**管電流**の 50%
$75 < U \leqq 150$	75 kV	
$150 < U$	**公称最高管電圧**の 50%	

3) **ブルーミング値**の算出

ブルーミング値 B の算出式

$$B = \frac{R_{50}}{R_{100}}$$

ここに，R_{50}：**表 10** に示す条件で求めた焦点スターパターン解像限界

R_{100}：**表 13** に示す条件で求めた焦点スターパターン解像限界

表 13　**ブルーミング値**を求めるための撮影の**Ｘ線管負荷条件**

公称最高管電圧 U (kV)	試験**管電圧**	試験**管電流**
$U \leqq 75$	**公称最高管電圧**	試験**管電圧**における 0.1 s の最大許容**管電流**
$75 < U \leqq 150$	75 kV	
$150 < U$	**公称最高管電圧**の 50%	

8. 試験 / **8.4** 試験方法 / **8.4.1** 焦点試験 / **e) MTF**測定

2) 像の拡大率

像の拡大率は，焦点からスリット基準面までの距離に対するスリット基準面からフィルムまでの距離の比であり，**表 14** による。

表 14　焦点の呼びに対する拡大率(**MTF**)

焦点の呼び f	拡大率
$f<0.6$	2
$0.6\leqq f$	1.3

3) 撮影方法

増感紙を用いないで撮影する微粒子のＸ線フィルムを使用するものとする。フィルムのＸ線露光は焦点の最も濃い部分が，露光されない部分の濃度に対し，0.8～1.2 大きい濃度になるようにする。ただし，フィルムのベース濃度を含むかぶり濃度は 0.2 以下とする。濃度の調整は撮影時間だけで行い，**管電圧**及び**管電流**は，**表 10** に定める値に固定する。

4) 撮影のＸ線管負荷条件

回転陽極Ｘ線管においては，陽極を回転させる。

撮影は，**表 10** に示す条件又は指定された条件によるものとする。撮影時間は，前項に定めるフィルム濃度が得られるように選定する。

透視専用の**Ｘ線管装置**の場合は，公称最高管電圧及びこのときの最大許容**管電流**を**Ｘ線管負荷条件**とする。

表 10　Ｘ線管負荷条件

公称最高管電圧 U (kV)	試験**管電圧**	試験**管電流**
$U\leqq 75$	**公称最高管電圧**	試験**管電圧**における 0.1 s の最大許容**管電流**の 50%
$75<U\leqq150$	75 kV	
$150<U$	**公称最高管電圧**の 50%	

5) 濃度分布の測定

焦点スリット写真をマイクロデンシトメータによって走査する。このとき，マイクロデンシトメータのスリット幅は，焦点スリット写真の撮影に用いられたスリット幅以下とする。また，マイクロデンシトメータの走査方向は，焦点スリット写真の撮影に用いられたスリット方向と垂直な方向とする。

次に，求められた濃度分布を，用いられたフィルムの感度特性を考慮して焦点のＸ線強度分布に変換する。

なお，**MTF** の算出に際しては，入力データは**図 13** に示した斜線部を除く。

図 13　Ｘ線強度分布データの制限

6) MTFの算出

焦点の **MTF** の算出は，**e) 5)** で得られた焦点のＸ線強度分布をフーリエ変換することによって得られる。また，表示は横軸に空間周波数（Lp / mm）を線形目盛で表し，周波数ゼロのときフーリエ変換が 100%となるようにする。

8. 試験	8.4 試験方法	8.4.12 **最大対称照射野**試験	指定された SID において**最大対称照射野**と**基準軸**との交点を含み，**最大対称照射野**の内側で，かつ，Ｘ線**管**の管軸と平行な直線及びこれと直交する直線上の範囲内における線量は，**最大対称照射野**と**基準軸**との交点における線量の 30%を超え，110%以下でなければならない。

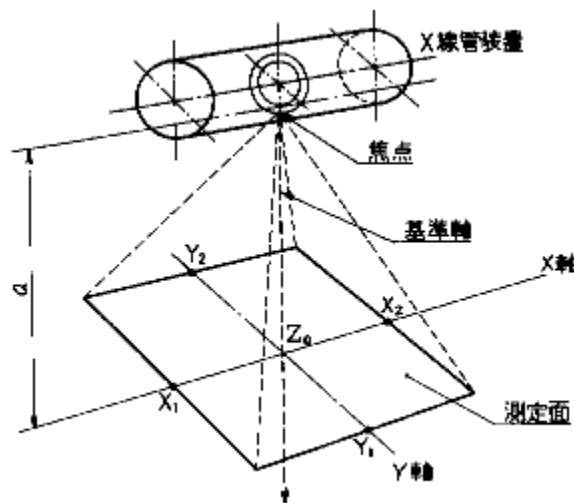



図 23　照射野測定配置図(Ⅰ)

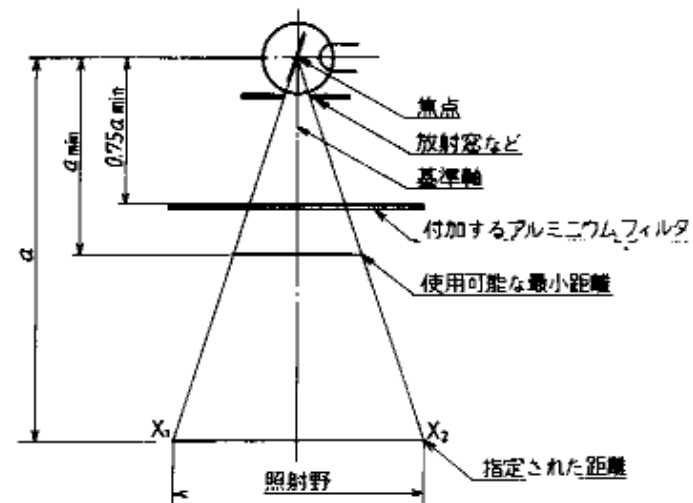



図 24　照射野測定配置図(Ⅱ)

表 15　照射野測定条件

公称最高管電圧 U (kV)	付加するアルミニウムフィルタの厚さ (mm)	測定**管電圧** U (kV)
30≦U＜ 50	5	30
50≦U＜ 75	10	50
75≦U＜125	20	75
125≦U	20	75 及び 150

8. 試験	8.4 試験方法	8.4.16 固有ろ過試験	**固有ろ過**は，**取扱説明書**に記載した公称値に対して0～30%の許容差でなければならない。	**固有ろ過**試験は，供試**Ｘ線管装置**の利用ビームの第 1 **半価層**［参照物質(6)はベリリウム，アルミニウム又は銅］と，供試**Ｘ線管装置**と同じ**ターゲット**材質から作られたベリリウム窓又は**ろ過**の無視できる窓をもつ**Ｘ線管**の参照物質によるＸ線**減弱**特性を測定し，両者を比較することによって求める。
		8.4.17 漏れＸ線量試験	**漏れＸ線量**は，**表 6** を満足しなければならない。	**表 6　Ｘ線管装置**からの**漏れ線量**の最大値（下表） **管容器**のＸ線放射窓は，少なくとも 20 **半価層**の鉛板もしくは相当の遮へい体で覆う。 20 **半価層**とは，**半価層**の 20 倍の厚さを有し，実際には 5mm厚以上の鉛板もしくは相当の遮へい体を使用する。

表 6　Ｘ線管装置からの**漏れ線量**の最大値

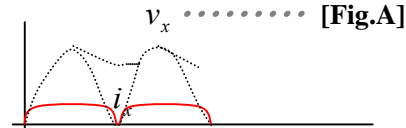
種　　類	**漏れ線量**率
公称最高管電圧 50 kV 以下の治療用**Ｘ線装置**	**Ｘ線管装置**の接触可能表面から 5 cm の距離における値：1 h 当たり 1.0 mGy
公称最高管電圧 50 kV を超える治療用**Ｘ線装置**	**Ｘ線管**焦点から 100 cm の距離における値：1 h 当たり 10 mGy，かつ，Ｘ線源装置の接触可能表面から 5 cm の距離における値：1 h 当たり 300 mGy
公称最高管電圧 125 kV 以下の口内法撮影用**Ｘ線装置**	**Ｘ線管**焦点から 100 cm の距離における値：1 h 当たり 0.25 mGy
上記以外の**Ｘ線装置**	焦点から 100 cm の距離における値:1 h 当たり 1.0 mGy
コンデンサ式**Ｘ線発生装置**	充電状態であって，**照射**時以外のとき，接触可能表面から 5 cm の距離における値：1 h 当たり 20 μGy

［ 医用Ｘ線管 陽極入力計算 ］

管電圧 波形係数 の根拠

管電圧について： V_p(波高値)，V_e(実効値)，V_a(平均値)

管電流について： I_p(波高値)，I_e(実効値)，I_a(平均値)

<Case-Ⅰ> 2-Peak Type X-Ray Generator v_x ……… **[Fig.A]**

A] 管電流値（I_a）が比較的小さい場合，

二極真空管における飽和電流領域特性に従い，管電流(i_x)波形はほぼ平坦な一定値の直流と見做せる。

即ち，管電流 i_x I_a（直流平均値） I_p …………………… (1)

管電圧（v_x）波形は，波高値（V_p）とする正弦波，$v_x = V_p \sin\theta$ の Gretz 結線による全波整流波形 ∴ 実効値（V_e）に換算すると，

$$V_e = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(V_p \sin\theta)^2 d\theta} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\because V_e = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(V_p \sin\theta)^2 d\theta} = V_p \cdot \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{1}{2}\{1-\cos(2\theta)\}d\theta}$$

$$= V_p \sqrt{\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{1}{2}\left[\theta + \frac{1}{2}\sin\theta\right]_0^{2\pi}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

∴ 小管電流時の陽極入力皮相電力

$$P_s \quad V_e \cdot I_a = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \cdot I_a \quad 0.708\ (V_p \cdot I_a)\ [\mathrm{VA}] \cdots\cdots (3)$$

$$\because 平均\ V_a = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} 2\cdot V_p \sin\theta \cdot d\theta = \frac{1}{\pi}\cdot V_p\left[-\cos\theta\right]_0^{\pi} = \frac{2}{\pi}V_p \cdot (4)$$

陽極入力平均電力

$$P_s{}' = V_a \cdot I_a = \frac{2}{\pi}V_p \cdot I_a \quad 0.637(V_p \cdot I_a)\ [\mathrm{J/s}] \cdots\cdots (5)$$

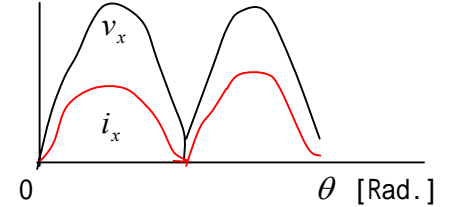
B] 管電流値（I_a）が比較的大きい場合 …………………… **[Fig.B]**

管電流(i_x)波形及び管電圧（v_x）波形も正弦波の全波整流波形と近似できると見做し，

$$i_x = I_p \sin\theta \cdots\cdots (6)$$

∴Ｘ線管陽極入力平均電力

$$P_L = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_p \cdot I_p \sin^2\theta \cdot d\theta$$

$$= \frac{V_p \cdot I_p}{\pi}\int_0^{\pi}\frac{1}{2}\{1-\cos 2\theta\}d\theta = \frac{V_p \cdot I_p}{2\pi}[\,\theta\,]_0^{\pi} = \frac{1}{2}\cdot V_p \cdot I_p \cdots\cdots (7)$$

管電流（平均値） $I_a = \frac{2}{\pi}\cdot I_p$ …………………… (8)

管電流（波高値） $I_p = \frac{\pi}{2}\cdot I_a$ …………………… (9)

$$\therefore\ P_L = \frac{1}{2}\cdot V_p\left(\frac{\pi}{2}\cdot I_a\right) = \frac{\pi}{4}\cdot V_p \cdot I_a \quad 0.785\cdot(V_p \cdot I_a)\ [\mathrm{J/s}] \cdots\cdots (10)$$

C] 管電流値（I_a）が小～大の混在Ｘ線管負荷状態を代表して，

A] & B] の平均を採る。

陽極入力 P_2 $\frac{0.638+0.785}{2}\cdot V_p \cdot I_a$

$0.71 \cdot V_p \cdot I_a\ [\mathrm{J/s}]$ $1.0 \cdot V_p \cdot I_a\ [\mathrm{HU/s}]$ ‥ (11)

但し，2-Peak Type Generator の最大出力電力計算上は，下記を採用(**JIS Z 4702-'99**)する。

出力皮相電力 P_2 $\frac{0.708+0.785}{2}\cdot V_p \cdot I_a$

$0.74 \cdot V_p \cdot I_a$ [J/s] …………………… (12)

従って，陽極“入力（皮相）電力”への換算は (12) 式を適用する。

（ ∵ [J / s] = [W] ）

[Ｘ線管 陽極入力：[HU] :Heat Unit 単位 & [J] 電力量 換算]

管電圧 V_p（波高値）・管電流 I_p（平均値）・時間 t（s）との積を Heat Unit 単位と通称,

1[HU／s]　0.71 [J／s]　または 1 [HU]　0.71 [J] と換算

∵ [J] = [W・s]

2-Peak Type を基準ベースに,

陽極入力； P_2　$1.0 \times V_p \times I_a \times t$ [HU] ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ (13)

但し，陽極入力 “ 電力量 ” 換算の場合は；

P_2　$0.74 \times V_p \times I_a \times t$ [J]・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ (14)

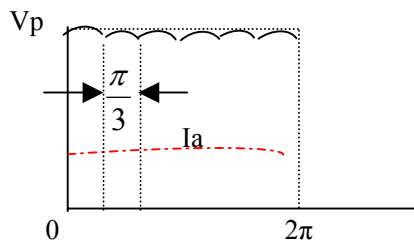
を適用する。

＜**Case II**＞ 6-Peak Type X-Ray Generator の場合

管電流：I_a　はほぼ一定直流　と見做し,

管電圧：V_p（波高値）とすると，6－Peak／（0～2π）間ゆえ,

管電圧波形の平均値は

$$V_a = \frac{1}{2\pi}\int_{\pi/3}^{2\pi/3} 6\{V_p \sin\theta\} d\theta$$

陽極平均入力電力：

$$P_6 = \frac{6}{2\pi}\int_{\pi/3}^{2\pi/3} I_a \cdot V_p \sin\theta \cdot d\theta$$

$$= \frac{3}{\pi}\left[V_p \cdot I_a \cdot (-\cos\theta)\right]_{\pi/3}^{2\pi/3} = \frac{3}{\pi} V_p \cdot I_a \left[-\cos(2\pi/3) + \cos(\pi/3)\right]$$

$$= \frac{3}{\pi} V_p \cdot I_a \quad 0.955 \cdot V_p \cdot I_a \ \text{[J/s]} \quad \cdots\cdots (15)$$

2-Peak Type に対する入力比　；

$$\frac{P_6}{P_2} = \frac{0.955 \cdot V_p \cdot I_p}{0.71 \cdot V_p \cdot I_a} \quad 1.3456 \quad 1.35 \quad \cdots\cdots (16)$$

∴ $P_6 = 1.35 \cdot V_p \cdot I_a \cdot$t [HU] ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ (17)

＜**Case III**＞ 12-Peak Type X-Ray Generator の場合

管電流：I_a 及び管電圧：V_p 共にほぼ一定値直流と見做し,

陽極平均入力電力：P_{12}　$V_p \cdot I_a$ [J / s]・・・・・・・・・・・・・・ (18)

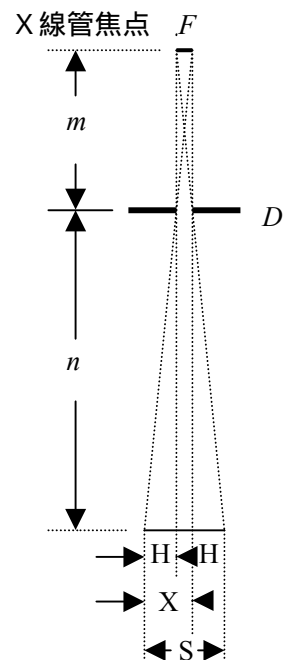
2-Peak Type に対する入力比

$$\frac{P_{12}}{P_2} = \frac{V_p \cdot I_p}{0.71 \cdot V_p \cdot I_a} \quad 1.408 \quad 1.41 \quad \cdots\cdots (19)$$

∴ P_{12}　$1.41 \cdot V_p \cdot I_a \cdot$t [HU]・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ (20)

ピンホール・カメラ法　（***Pinhole　Camera　Method***）

原理

Ｘ線管焦点　*F*

ピンホール径 *D* の拡大像：*X*

$(D/m) = X/(m+n)$

$\therefore\ X = D\cdot(m+n)/m$ ･･･(1)

F の半影の大きさ：*H*

$(F/m) = (H/n)$

$\therefore\ H = F\cdot(n/m)$ ･･･(2)

フィルム上の全影 $S = X + H$

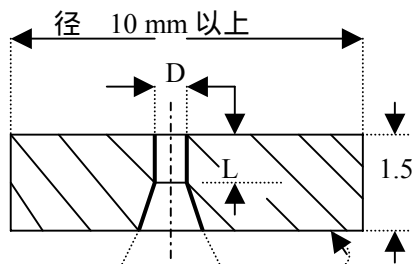
$= \{D\cdot(m+n)/m\} + F\cdot(n/m)\}$

$\therefore\ F = \{m\cdot S - D\cdot(m+n)\}/n$ ･･･(3)

(例)　if,　$m = n$,　$\therefore\ F' = S - (2\cdot D)$　S　$(\because D \ll S)$

$\because\ D \ll S, F$　$\therefore\ F$　$m\cdot S/n = S/(n/m)$ ･････････････････････････････････(4)

JIS Z 4704 において，$F = S/(n/m)$ と規定された。

ピンホール及び基盤の形状・寸法

8°　材質：　金(Au) 90%　+　白金(Pt) 10%　又はﾀﾝｸﾞｽﾃﾝ(W)，W 90%以上の合金，又はｲﾘｼﾞｳﾑ(Ir)10%以下の白金(Pt)

焦点の呼びに対するピンホールの寸法　v　　**単位**　mm

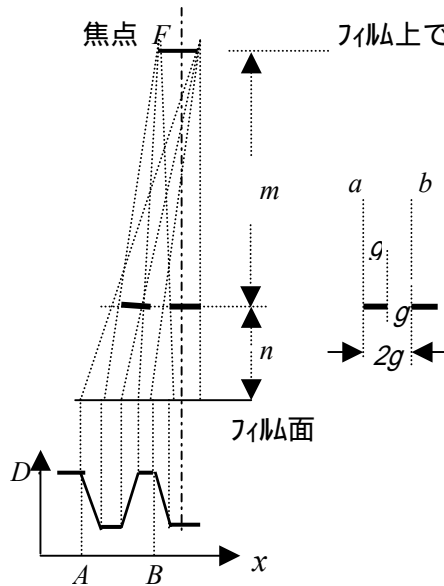
焦点の呼び：　f	直径：D	深さ：L	倍率：　(n／m)
0.3≦f≦1.2	0.030±0.005	0.075±0.010	3
1.2<f≦2.5	0.075±0.005	0.350±0.010	2
2.5<f	0.100±0.005	0.500±0.010	1

解像力法　（焦点の呼びが 0.3 以下の場合は，解像力法による。）

1]　平行パターン・カメラ 法

原理　　試験片と間隙１対の幅：$\overline{ab} = 2g$ ………… (1)

ﾌｨﾙﾑ上の拡大投影像幅　：　$\overline{AB} = \overline{ab}\left(\dfrac{(m+n)}{m}\right) = 2g \cdot \dfrac{(m+n)}{m}$ …… (2)

焦点 F のﾌｨﾙﾑ上の半影：　$H = F \cdot \left(\dfrac{n}{m}\right)$ ……… (3)

ﾌｨﾙﾑ上での $\overline{AB}$ の識別限界：$H \leqq \overline{AB}$

$$F \cdot \left(\frac{n}{m}\right) \leqq 2g \cdot \frac{(m+n)}{m}$$

$$\therefore\ F \leqq 2g\frac{(m+n)}{n} \quad \cdots\cdots (4)$$

①　撮影された像が試験片と同数の線数と識別できる場合,

$$F < 2g\frac{(m+n)}{n} \quad \cdots\cdots (5)$$

②　試験片を識別できず，全体に均一黒化度と写る場合,

$$F = 2g\frac{(m+n)}{n} \quad \cdots\cdots (6)$$

③　試験片が撮影されているが，試験片と同数と識別できない場合

$$F > 2g\frac{(m+n)}{n} \quad \cdots\cdots (7)$$

拡大率　：　$M = \dfrac{(m+n)}{m}$ ………… (8)

$\because$　（M−１）$= \dfrac{(m+n)}{m} - 1 = \dfrac{n}{m}$ ・(9)

$$\therefore\ \frac{M}{(M-1)} = \frac{(m+n)}{m} / \left(\frac{n}{m}\right) = \frac{(m+n)}{n} \quad \cdots\cdots (10)$$

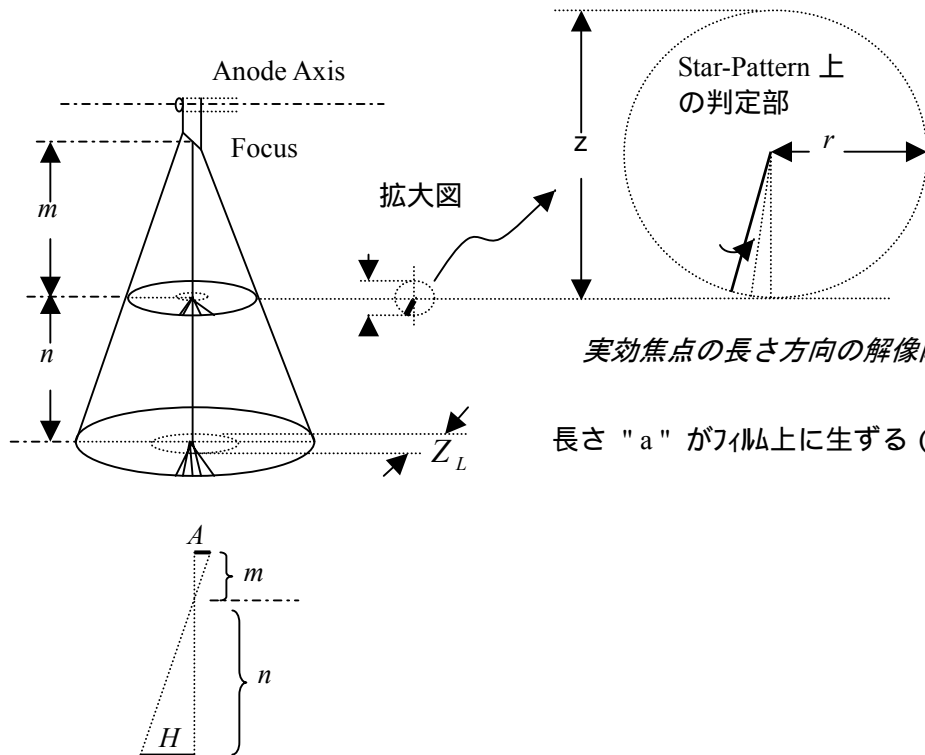
から，下記の表現もできる。

①　$F < 2g\dfrac{M}{(M-1)}$ ………… (5')

②　$F = 2g\dfrac{M}{(M-1)}$ ………… (6')

③　$F > 2g\dfrac{M}{(M-1)}$ ………… (7')

解像力法

2]　Star-Pattern Camera Method

$$d\ell = r \cdot \theta \text{ [rad.]} \quad \cdots\cdots (1)$$

拡大率(Magnification Ratio)：　$M = \dfrac{m+n}{m} = \left(1 + \dfrac{n}{m}\right)$ ‥‥‥‥ (2)

エッジ･パターンと空隙部の対（Line-pair）：Lp [cm]

（線対の幅）　$Lp = 2 \cdot d\ell$ ‥‥‥‥ (3)

フィルム上のパターン写像乱れ個所までの直径：　$Z_L = M \cdot z$ [cm] ‥‥‥‥ (4)

スター･パターン上の解像限界径　$r = \dfrac{z}{2} = \dfrac{Z_L}{2 \cdot M}$ [cm] ‥ (5)

実効焦点の長さ方向の解像限界： R_L **: Resolution** *[Lp/cm]*　$R_L = \dfrac{1}{2 \cdot r \cdot \theta} = \dfrac{M}{Z_L \cdot \theta}$ [Lp／cm] ‥‥‥‥ (6)

長さ "a" がﾌｨﾙﾑ上に生ずる（焦点の長さ方向）半影の大きさ：　$H = \dfrac{n}{m} \cdot (a)$ ‥‥‥‥ (7)

$\because$　$H = Z_L \cdot \theta = \dfrac{M}{R_l}$ ‥‥‥‥ (8)

$$\frac{n}{m} \cdot (a) = \frac{M}{R_L}$$

$\because$　(2)式　$\dfrac{n}{m} = (M-1)$ ‥‥‥‥ (9)

$$(M-1) \cdot (a) = \frac{M}{R_L}$$

$\therefore$　$a = \dfrac{M}{(M-1) \cdot R_L}$ ‥‥‥‥ (10)

実効焦点の幅方向解像限界　$R_w = \dfrac{M}{Z_W \cdot \theta}$ ‥‥‥‥ (11)

$\because$　写像乱れ個所径：Z_W

実効焦点の幅方向寸法: b　$b = \dfrac{M}{(M-1) \cdot Rw}$ ‥‥‥‥ (12)